



Universidad
de Concepción



GEOLOGÍA DEL PROSPECTO SINDICATO ESTE, DISTRITO FERRÍFERO SIERRA LA BANDERA, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE.

Defensa para optar al Título de Geólogo

Gerardo Iván Ortega Suazo

Profesional Guía: Sr. Osvaldo Enrique Gómez Rojas

Profesores Comisión: MSc. Abraham Elías González Martínez

Sr. Ramiro Ulises Bonilla Parra

Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

1. Introducción

- El presente trabajo se inserta en el marco de las Exploraciones de la Unidad de Geología de CAP Minería (Compañía Acero del Pacífico) para el reconocimiento de depósitos tipo IOCG (Iron Oxide Cooper Gold).
- El objetivo principal es establecer posibles relaciones geológicas entre estos depósitos y los de tipo IOA (Iron Oxide Apatite).
- Sobre la base de la metodología de trabajo de CAP se evaluará la ocurrencia de un depósito tipo IOCG, intentando establecer un modelo predictivo para este tipo de depósitos y la generación de una propuesta de campaña de sondajes de exploración.
- El área de estudio se emplaza en la Franja Ferrífera Cretácica (FFC), inserto en la Cordillera de la Costa, Comuna de Vallenar, Región de Atacama, dicha franja se extiende desde las localidades de Taltal a Ovalle y corresponde a una larga faja de dirección general N-S, de aproximadamente 600 km de largo (entre los 26°S y 32°S) por 25 km de ancho.
- El prospecto Sindicato Este se ubica a 40 km al NE de la ciudad de Vallenar, entre las coordenadas 28°21'45"-28°22'30" Latitud Sur y 70°49'45"-70°51'00" Longitud Oeste (Figura 1). Desde Vallenar se accede al área por la Ruta 5, para luego, 22 km al norte de Vallenar, tomar una ruta secundaria C-442, a la altura de la localidad de Marañón.

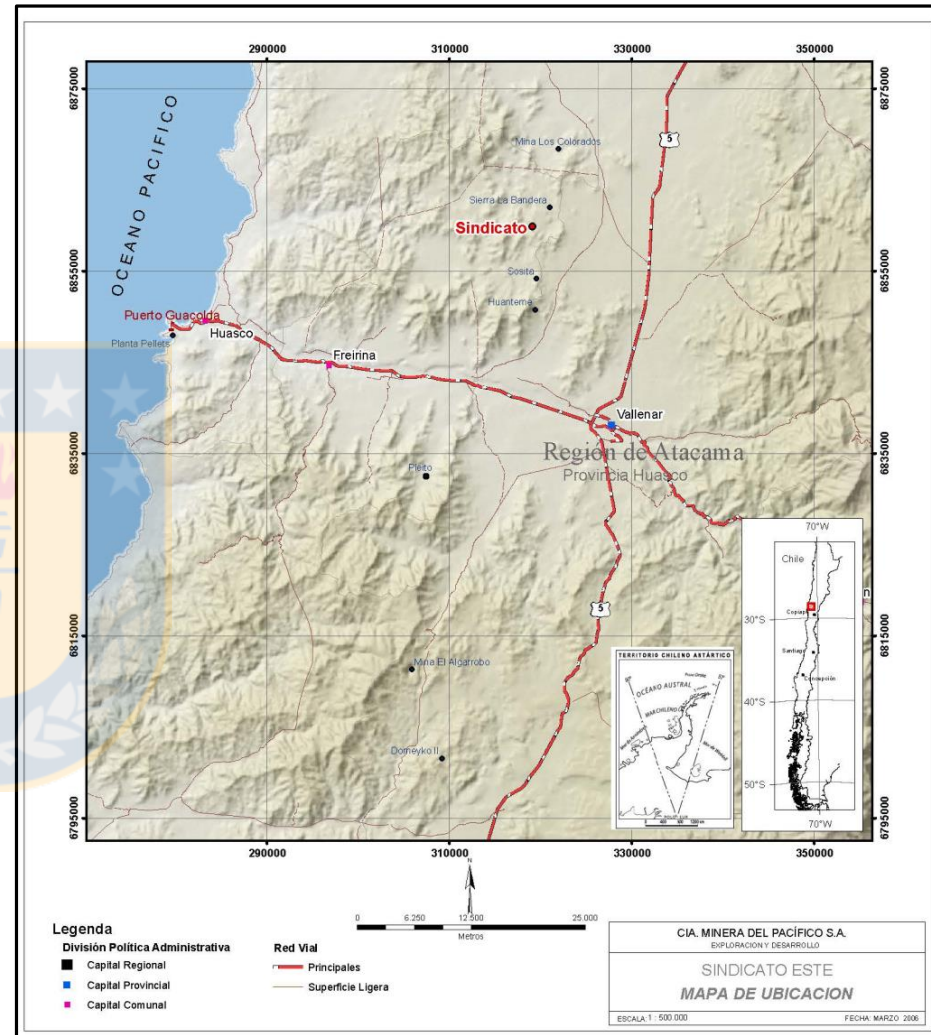


Figura 1: Ubicación del proyecto.

1. Introducción

- La FFC es paralela a la traza o Megafalla de Atacama (SFA), rasgo estructural al que también se asocian varias provincias metalogénicas, principalmente depósitos de Cu y Au.

- El prospecto Sindicato Este se ubica al sur del yacimiento de hierro Los Colorados, dentro de una faja metalogénica de hierro denominada Sierra La Bandera, donde se encuentran, algunos de los siguientes prospectos: Sositas, Augita, Chañar Quemado, Sindicato Mina, Angostura, Coquimbana, Porvenir, Varilla Oeste y Sierra Los Colorados (Figura 2).

- En estos momentos en que cierro una etapa importante de mi vida, se hace necesario agradecer a todos aquellos que de una u otra forma han apoyado el desarrollo de ésta, tanto en la parte académica, económica, como también espiritual, así, en primer lugar dar gracias a la CAP Minería, especialmente a la Unidad de Geología, en especial a Osvaldo Gómez por el apoyo brindado en todo momento y lugar. A Mario Rojo, Jefe de la Unidad de Geología por sus aportes, correcciones y dar las facilidades para poder realizar y finalizar el presente trabajo.

- Agradecer a todo el personal académico y administrativo del Departamento Ciencias de La Tierra de la Universidad de Concepción.

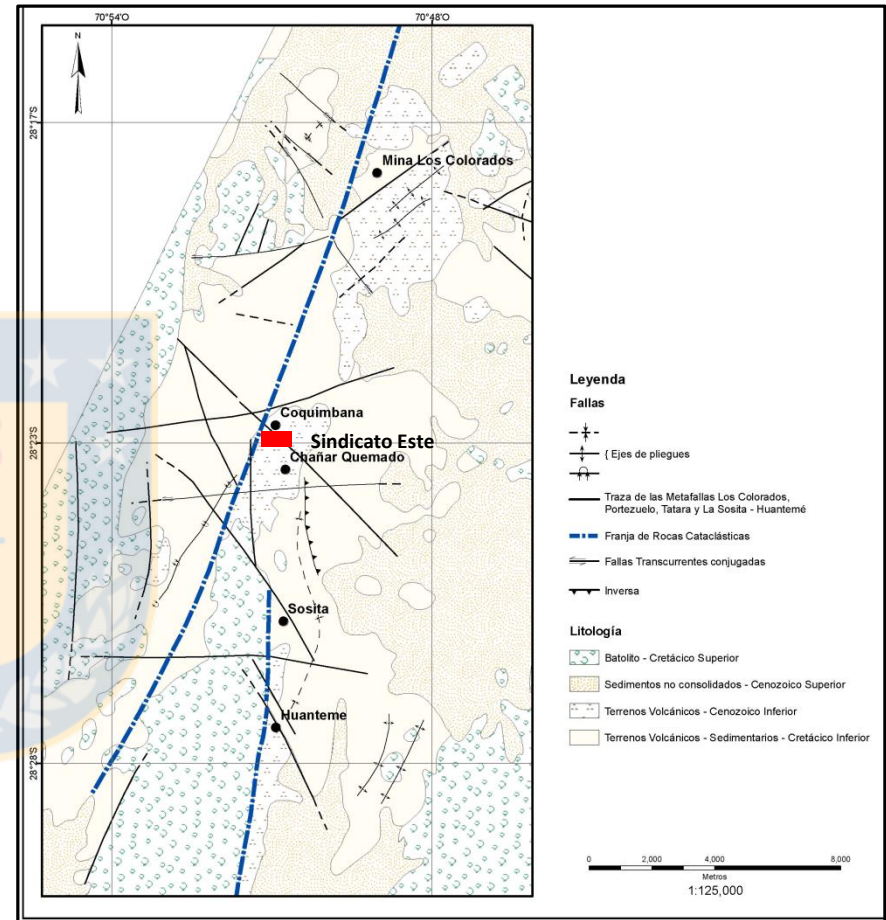


Figura 2: Segmento de la Zona de Falla de Atacama Los Colorados-Huantemé.

2. Descripción del problema

- La zona se caracteriza por afloramientos de rocas volcánicas y sedimentarias marinas plegadas pertenecientes a la Formación Punta del Cobre (Jurásico Superior - Cretácico Inferior). Estas unidades sobreyacen a la Formación La Negra (Jurásico) y al Complejo Epimetamórfico de Chañaral (Pz). Lo mas llamativo es el gran desarrollo de una zona de alteración hidrotermal sílico-feldespática-sericítica-arcílica, las cuales no necesariamente se asocian a depósitos tipo IOA a pesar de estar insertos en la FFC.
- Cabe señalar, que en forma local, no existen estudios o levantamientos geológicos que sugieran la existencia de depósitos tipo IOCG. Sin embargo, es posible extraer de la Memoria de Título del Sr. Marcos Pincheira (1981) “Geología Cuadrángulo Astillas”, algunos fundamentos geológicos de base para realizar este trabajo.
- Este trabajo tiene como finalidad reconocer asociaciones de minerales que evidencien características de depósitos tipo IOCG, asociando y definiendo las alteraciones y su relación con la mineralización existente.

3. Marco Geológico

- Dominio Occidental (Pincheira, 1981).
- Rocas Volcánicas con alteración Silíceá (Figura 3).
- Falla Tatara (Figura 2).
- Minas Sindicato (Fe), Coquimbana (Mn) y Chañar Quemado (Fe).

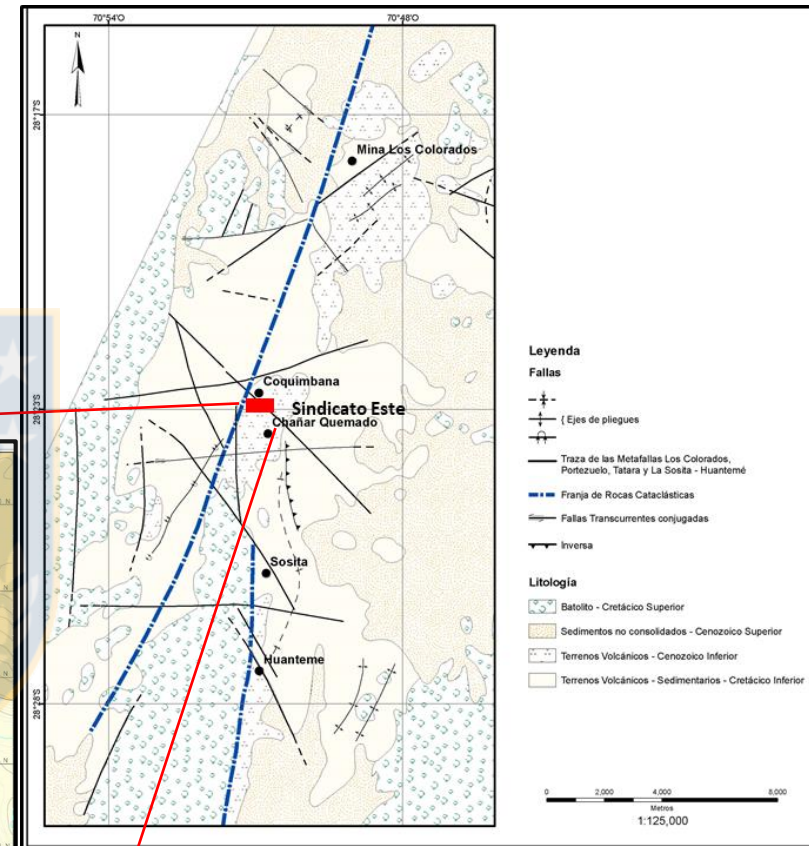


Figura 2: Segmento de la Zona de Falla de Atacama Los Colorados- HuanteMé.

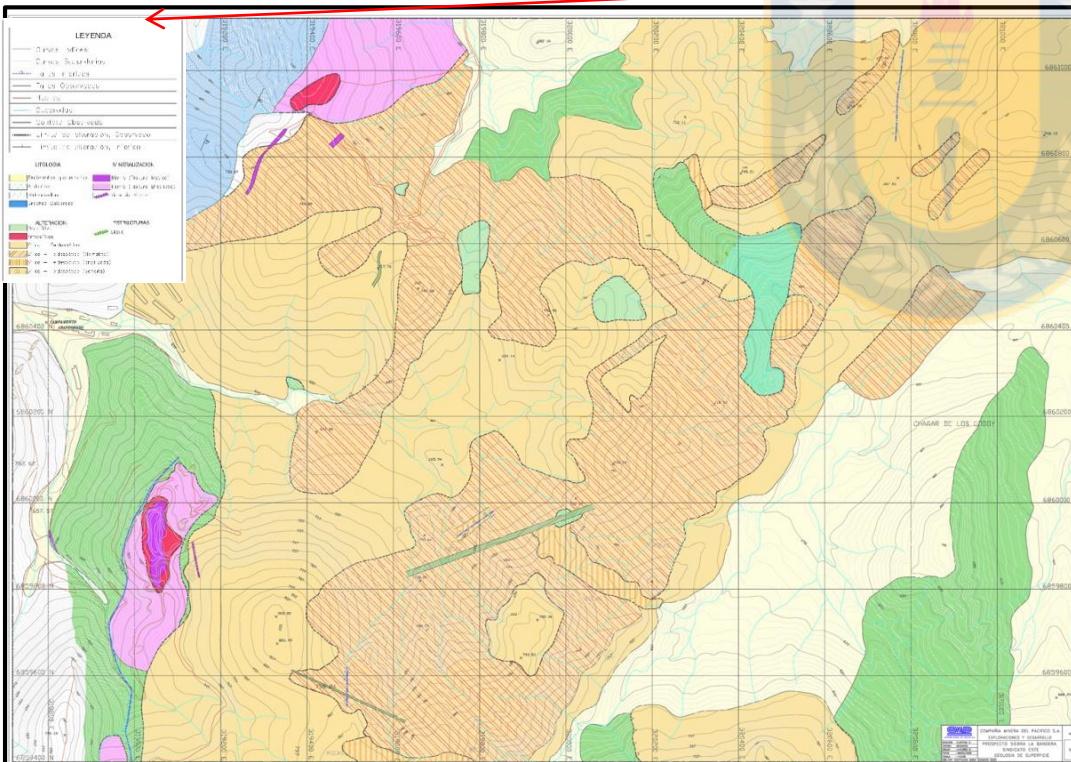


Figura 3: Plano Geológico Sindicato Este

4. Metodología

- Se realizó la recopilación bibliográfica del área para preparar la etapa de terreno.
- En la etapa de terreno, se realizó un levantamiento geológico con énfasis en el reconocimiento de unidades litológicas, estructuras, mineralización y alteración principales y relevantes, base para la confección del plano geológico a escala 1:2.000, junto a la toma muestras de rocas.
- Posteriormente, en base a observaciones de terreno se definieron y caracterizaron las unidades litológicas y las zonas de alteración asociadas.
- Con toda la información recopilada, analizada e interpretada se procedió a redactar la presente Memoria de Título y la confección del plano geológico oficial para CAP Minería.

5. Resultados

Andesitas: Se encuentran en la zona centro-norte del área de estudio (Figura 4).

Constituyen un pequeño cuerpo que está rodeado por rocas alteradas por un evento sílico-feldespático.

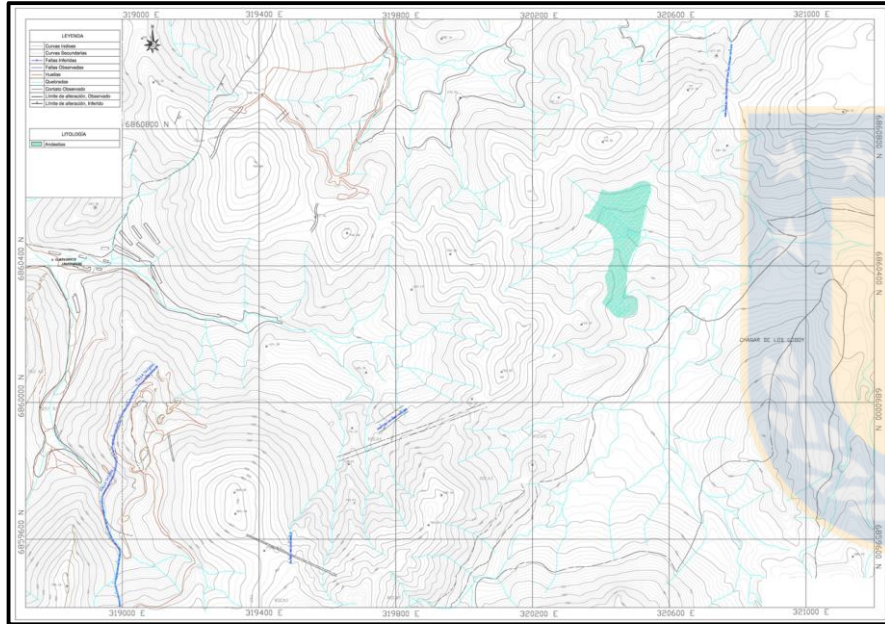
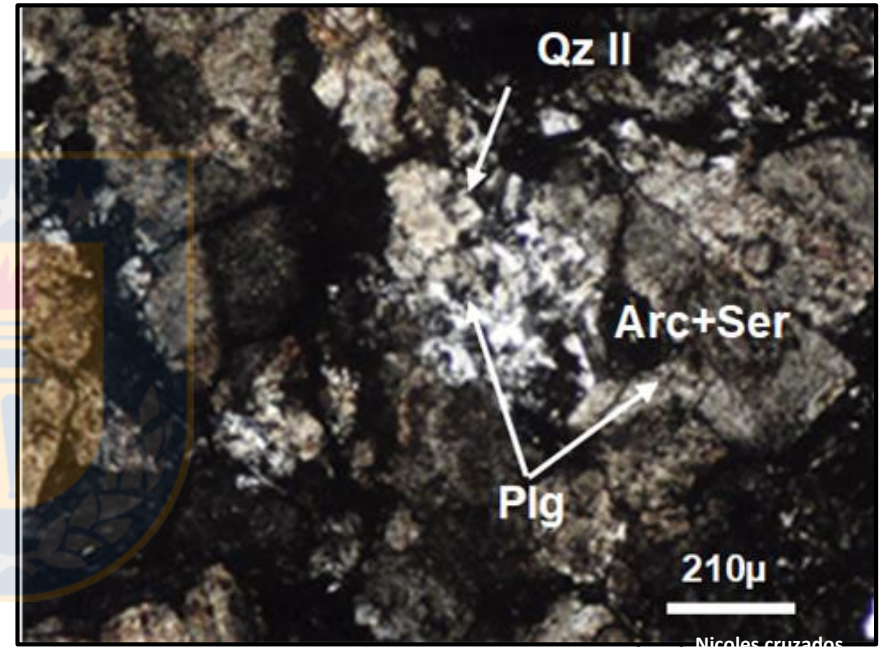


Figura 4: Plano Ubicación Andesitas



Fotomicrografía 1: Fenocristales de plagioclasa (Plg) con textura glomeroporfídica asociadas a cuarzo secundario (Qz II), arcilla (Arc) y sericita (Ser), nicoles cruzado 50X.

- La mineralogía está conformada principalmente por fenocristales de plagioclasa con textura porfídica seriada, localmente glomeroporfídica, inmersos en una masa fundamental compuesta por microlitos de plagioclasa y minerales secundarios: clorita, cuarzo, sericita, arcillas, actinolita, turmalina y opacos (Fotomicrografía 1).

Metandesita: Reconocida como una roca volcánica de composición andesítica, color verde oscuro, grano fino a medio, constituida principalmente por actinolita. Son parte de la Formación Punta del Cobre (Segerstrom y Ruiz, 1962). CAP Minería reconoce la Unidad Metandesita como una unidad volcánica de protolito andesítico, afectada por distintos tipos de alteraciones en diferente grado. Esta litología se encuentra en diferentes sectores en el área de estudio y en algunos de ellos presenta contacto con alteración sílico-feldepática, próxima a la zona de Falla Tatará (Figura 5 y Fotografía 1).

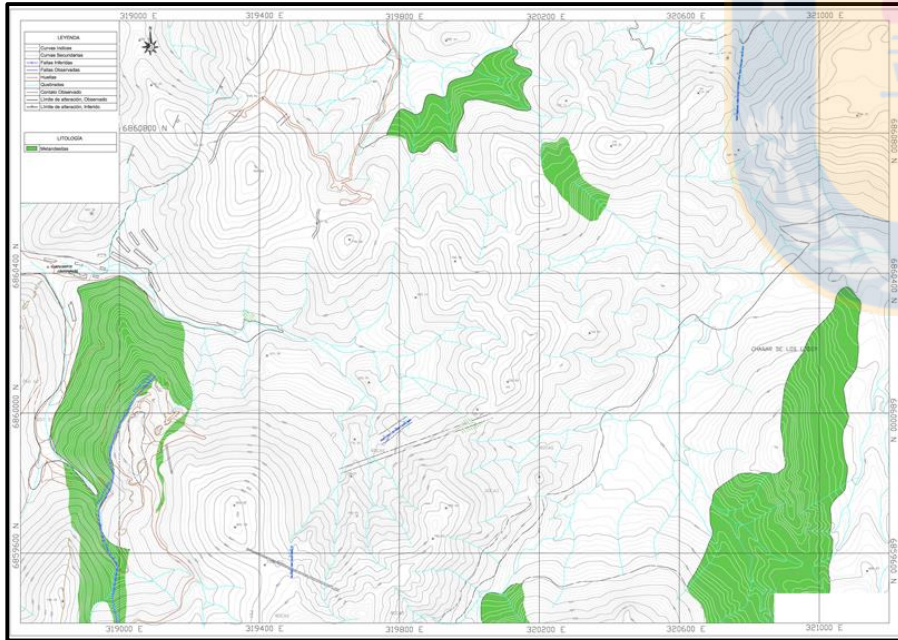
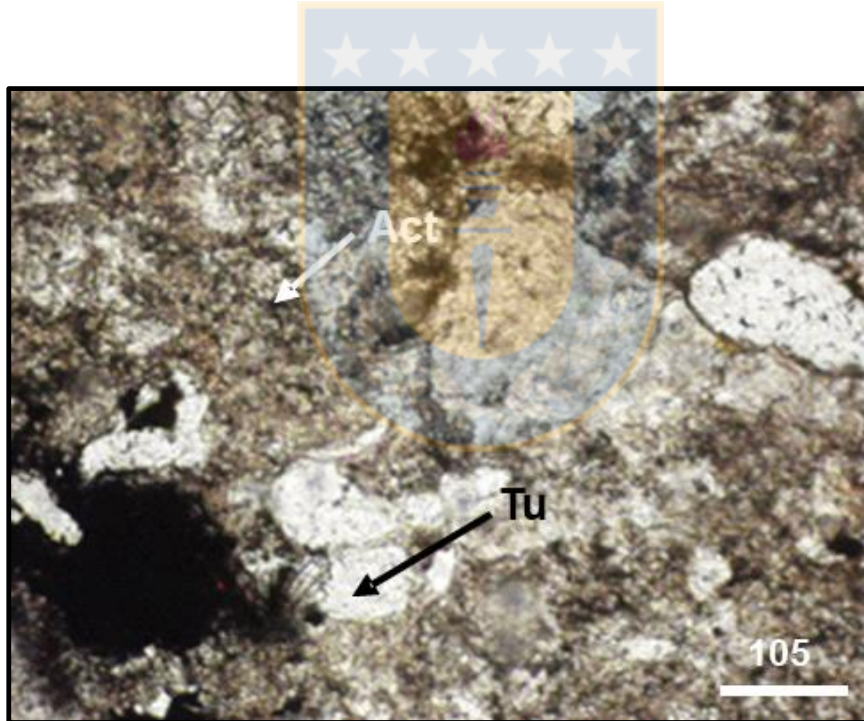


Figura 5: Plano Ubicación Metandesitas



Fotografía 1: Contacto metandesitas con zona alteración Sílico-Feldspático. Vista al sur.

La roca presenta una textura porfídica constituida por fenocristales de plagioclasa y una masa fundamental obliterada producto de la intensa alteración. Los fenocristales de plagioclasa son subhedrales a anhedrales, alterados intensamente a clorita, calcita y moderadamente a arcillas. La masa fundamental se encuentra alterada a actinolita y clorita lo que produce una cloritización pervasiva de la roca. La mineralogía de alteración está caracterizada por la cloritización pervasiva de la roca. También se observa una alteración leve de la masa fundamental a calcita, sericita y arcilla.



Fotomicrografía 2: Actinolita diseminada como pequeños cristales prismáticos en la masa fundamental. Agregado radial de turmalina asociado a actinolita en la masa fundamental, nicoles paralelos, 100X.

Calizas: Afloran en el borde noroeste del área de estudio (Figura 6). Corresponde a una roca carbonata de textura clástica. La matriz está constituida principalmente por carbonato y arcillas. No se reconocen restos de fósiles. También puede denominarse como una Brecha Calcárea.

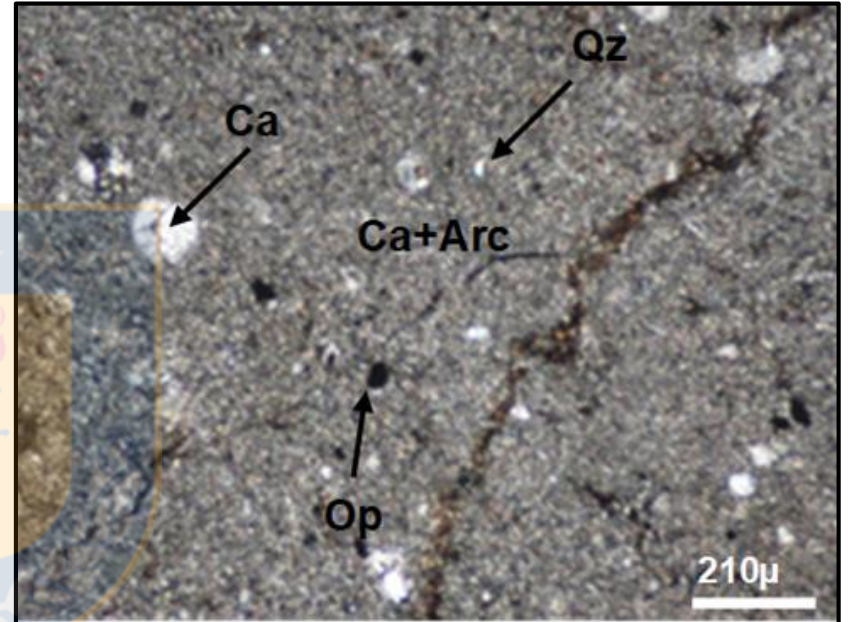
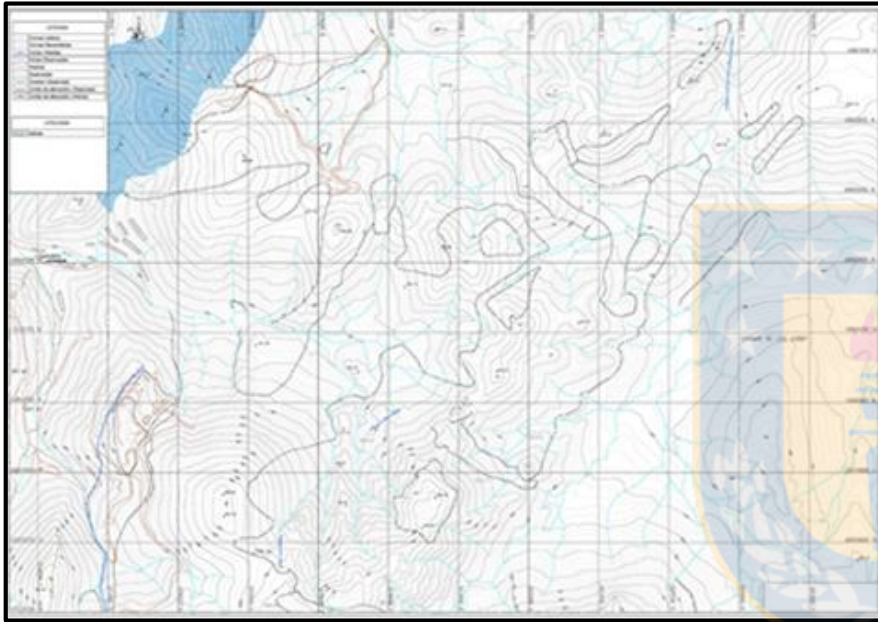


Figura 6: Plano Ubicación Calizas

Fotomicrografía 3: Matriz compuesta por carbonato (Ca), arcillas (Arc) y opacos (Op). Pequeños fragmentos de cuarzo (Qz) en matriz y bioturbaciones rellenas por carbonato, nicols cruzados, 50X.

La roca tiene textura silicoclástica matriz soportada, constituida por fragmentos líticos y monominerales tamaño grava, angulosos a subredondeados inmersos en un cemento carbonático y arcillosa fina (Fotomicrografía 3). Esta secuencia se puede correlacionar con las micritas y calizas de la Formación Sierra la Bandera definida por Pincheira (1981).

Sedimentos Cuaternarios: Son depósitos que cubren las rocas anteriormente descritas en forma discordante (Figura 7). Corresponden a depósitos de coluvio, compuestos por material polimíctico y de mala selección, con tamaños que varían desde arena gruesa hasta bloque.

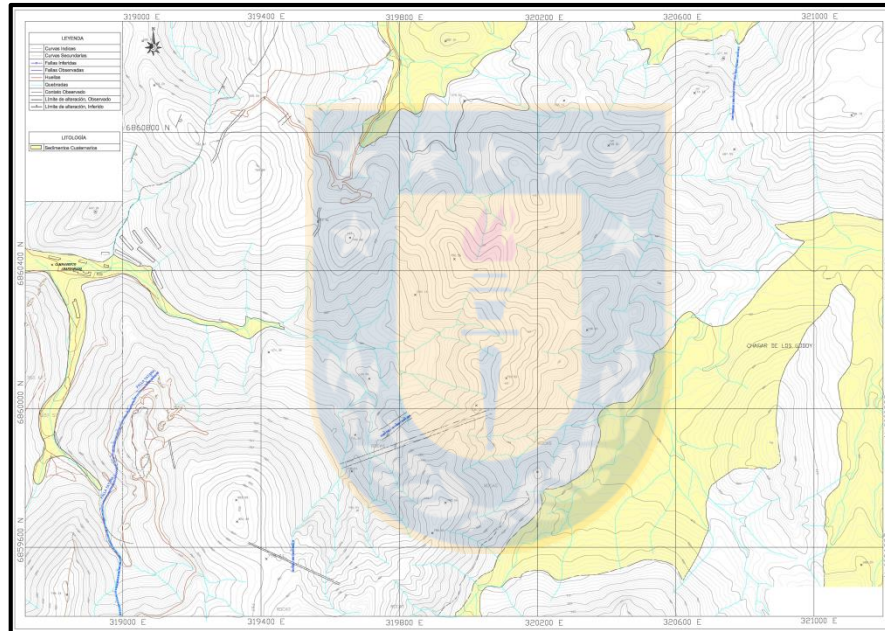


Figura 7: Plano Ubicación Sedimentos Cuaternarios

En el área de estudio se encuentra una amplia zona con una pseudobrecha, que intruye a las rocas andesíticas, en donde las calizas actuarían como una barrera geoquímica en la zona. Esta pseudobrecha es principalmente sílice con feldespatos.

Estructuras

- A escala distrital se tiene el dominio de la Falla Tatará cuya continuidad hacia el norte estaría representada por La Falla Los Colorados de dirección NE- SW.

- Otras Fallas importantes son las de dirección NNE-SSW, que son parte del SFA (Figura 8).

- En el área de estudio se ubica el yacimiento Sindicato, el cual se encuentra en el norte del vértice de unión de las de las Fallas Los Colorados-Portezuelo Tatará y Sositas-Huantemé.

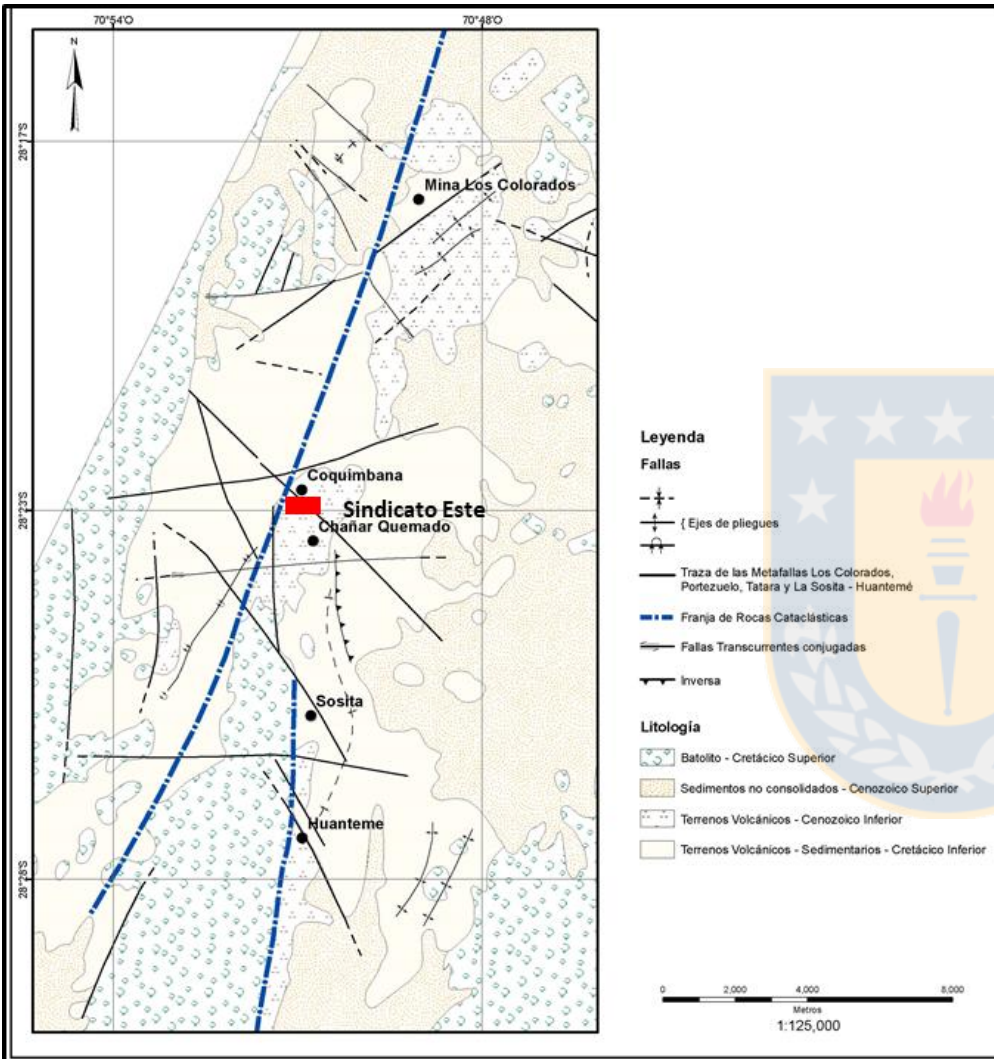


Figura 8: Segmento de la Zona de Falla de Atacama Los Colorados- Huantemé.

ALTERACIONES SINDICATO ESTE

Distribución de las áreas mineralizadas
y
de las zonas de alteración



Figura 9: Mapa de Localización Prospectos o Yacimientos Asociados a Alteraciones Hidrotermales.

- Entre los 28° y 30°30' de latitud sur existen numerosas zonas con fuerte alteración hidrotermal. En general, corresponden a alteraciones de tipo arcílica, cuarzo-sericítica y propilítica (en menor proporción), que afectan a rocas volcánicas y sedimentarias.

- Pincheira (1981), asocia espacialmente estas áreas a cuerpos subvolcánicos dacíticos, que producirían una alteración de baja temperatura y que está posiblemente relacionada con la circulación de fluidos ricos en sílice, potasio y aluminio provenientes de una fase hidrotermal ligada a estos cuerpos subvolcánicos.

En el sector de Sindicato Este, las alteraciones corresponden a anomalías de color blanco amarillento de forma irregular que afectan a las secuencias volcánicas y que corresponden a asociaciones de sericita, sílice, hematita y arcillas de amplia distribución e intensidad variable, con núcleos y estructuras de sílice maciza, que se hallan restringidas comúnmente a las partes altas de los cerros formando un “sombbrero”.

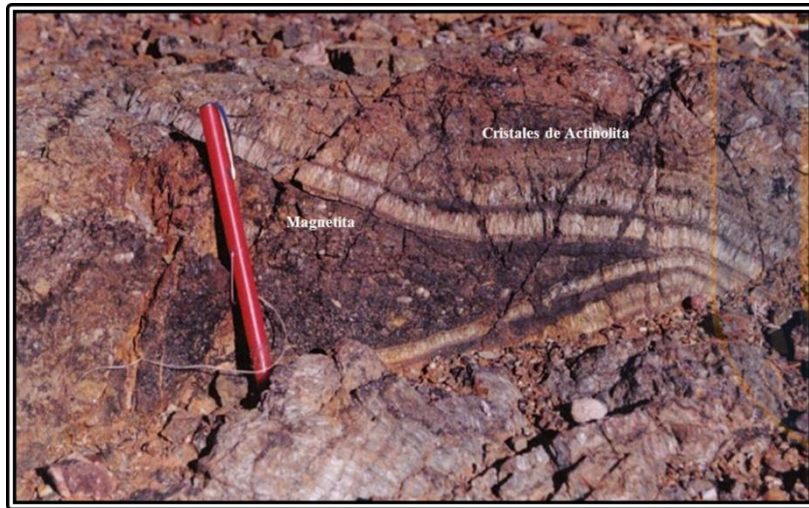
Primer Evento: Representado por alteraciones asociadas a la mineralogía primaria del hierro. Está constituido por actinolitización-albitización? y una asociación de minerales de alteración verde insertos o clasificados como una alteración propilítica (clorita-epidota-albita?-cuarzo-calcita-¿sericita?).

Estas alteraciones son reconocidas en todos los distritos ferríferos pertenecientes a la Franja Ferrífera Cretácica como una alteración que afectó a las rocas de caja de la mineralización de hierro originando una marcada zonación mineralógica y geoquímica en torno a la mena (Vivallo *et al.*, 1995).

Las alteraciones que forman parte de este evento que afectan en el área de estudio son:

Anfibolitización (actinolitización)

El contacto de la alteración actinolítica con la mena de hierro es de tipo gradacional (Figura 10), dado, desde la mena hacia fuera, por la ocurrencia diseminada y, en guías y venillas de magnetita y hematita, disminuyendo notoriamente el porcentaje de hierro; a medida que se aleja de la mena va aumentando significativamente la presencia de actinolita.



Fotografía 2: Actinolitas en Mena de Hierro.

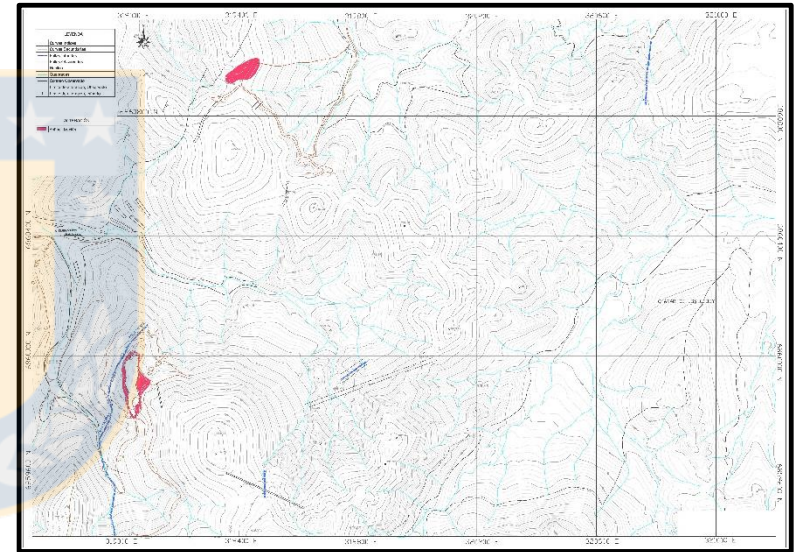
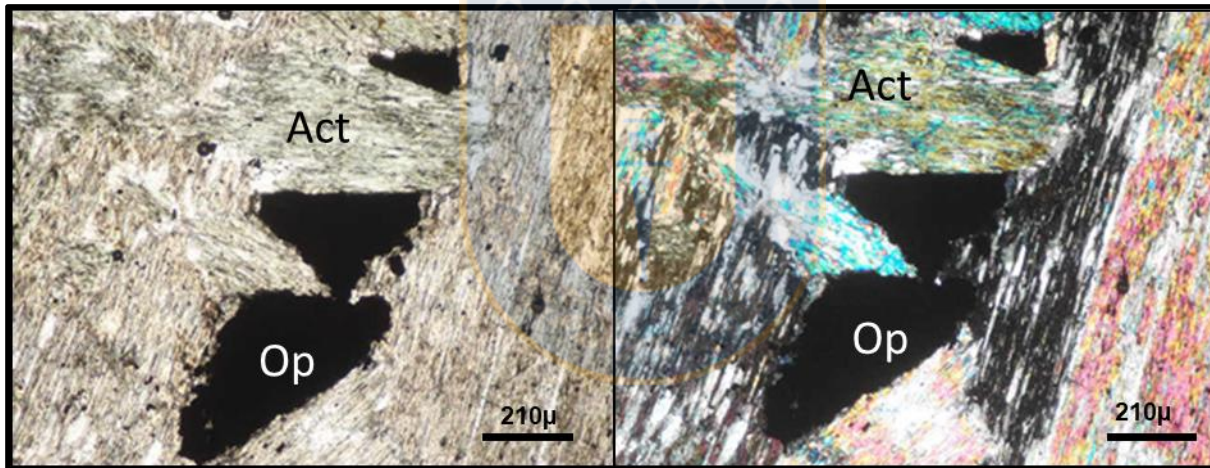


Figura 10: Plano Ubicación Actinolización

En terreno fue posible identificar bandas de cristales de actinolita con magnetita (Fotografía 2), dispuestos perpendicularmente a la mena maciza de hierro, esto se extiende incluso varios centímetros. También se reconocen vetillas de cuarzo y vetas de actinolita de características pegmatíticas, de longitud decamétricas y con anchos de 1 a 2 cm, que “cortan” a la unidad anfibolitizada.

El estudio microscópico de una muestra tomada en esta alteración (Fotomicrografías 4 y 5), revela que la roca está afectada por una alteración pervasiva, que ha obliterado sus rasgos texturales y mineralógicos. No se observa mineralogía de origen primario. La mineralogía de alteración está caracterizada por actinolita, que ocurre en forma pervasiva y que, a su vez, se encuentra afectada por una calcificación. Existe un sistema de vetillas paralelas, de espesor variable entre 0,1 y 1 mm, rellenas por calcita principalmente, clorita magnésica y cuarzo.



Fotomicrografías 4 y 5: Minerales opacos que ocurren relleno intersticios entre cristales de actinolita, nicoles paralelos y cruzados respectivamente, 50X.

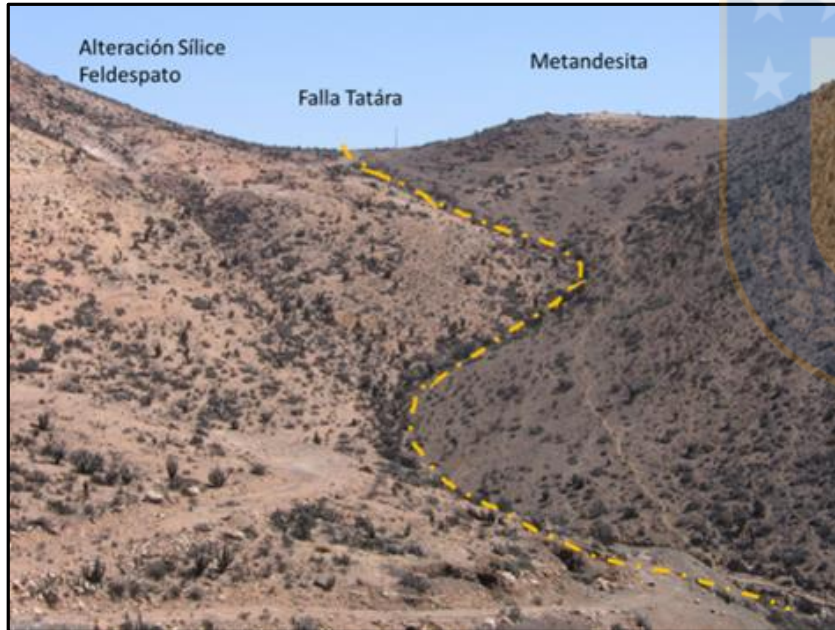
Segundo Evento: Este evento corresponde a un evento silico-feldespatico y afecta a rocas andesíticas pertenecientes a la Formación Punta del Cobre (Segerstrom y Ruiz, 1962), cuya mineralogía consiste en: sílice, plagioclasas (calco-sódicos), arcilla, sericita y puntualmente epidota-clorita. Además, se reconoce una gran cantidad de guías de magnetita-hematita que genera la formación de “pseudoclastos”.

Sobre la base de estudios realizados en distintos depósitos ferríferos, se puede sugerir una posible génesis para la alteración sílico-feldespática, que por lo demás, es aún tema de discusión, pues podría corresponder a una alteración posterior al evento ferrífero principal (fuerte actinolitización), o bien, reconocer una génesis relacionada a la formación de brechas hidrotermales y a un segundo evento mineralizador (óxidos de hierro y sulfuros), como lo afirma Henríquez (2000) en el área de Pleito Este (incluye los prospectos: Las Docas, las Lluvias, San Pedro Norte, Central y Sur, Pleito Norte, etc.). En el actual trabajo se propone una génesis relacionada directamente con un intrusivo de composición ácida a intermedia emplazado en profundidad y asociado a la mineralización Fe-Cu.

Es probable que en la etapa hidrotermal asociada al evento intrusivo, fluidos hidrotermales penetraron a través de estructuras de dirección preferencial NE-NS-NW, afectando principalmente a las unidades andesíticas, generando un tipo de contacto gradacional.

Segundo Evento: alteración sílico-feldespáticas se presenta “pseudo-intruyendo” a las volcanitas, generando un probable contacto de “tipo intrusivo”, pero que en realidad, corresponde a un contacto gradacional.

Se distribuye en toda la zona de estudio (Figura 11), presentándose, limitada hacia el Oeste por la Falla Tatara de tendencia NS (Fotografía 3) y hacia el Norte por unidades calcáreas. También se identifica en el sector sur asociada a una alteración sílicea con sericita y arcilla subordinada y además sericita nítida, cuyo contacto es de tipo gradacional.



Fotografía 3: Metandesita Propilítica como parche en Alteración Silico Feldespática. Vista al Sur.

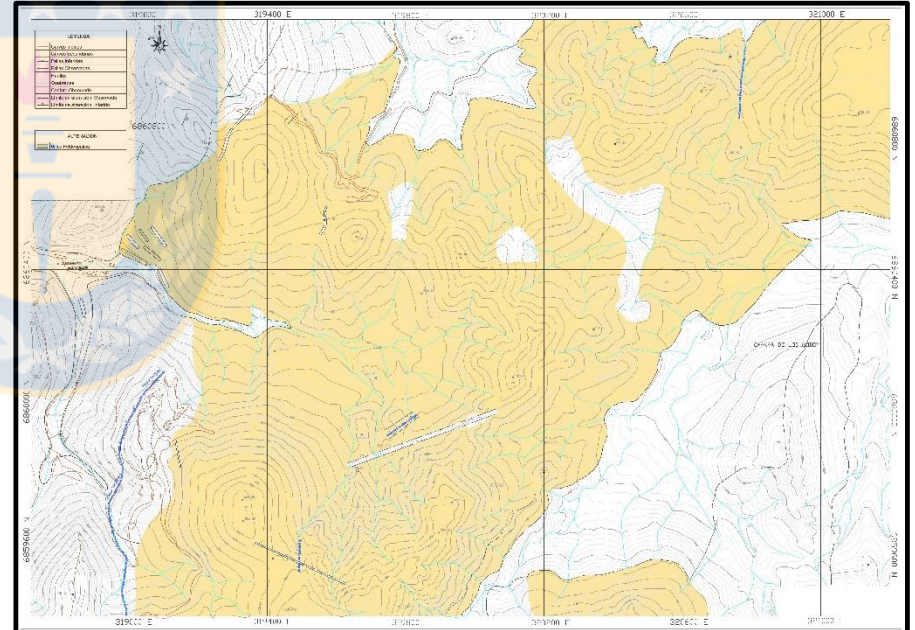
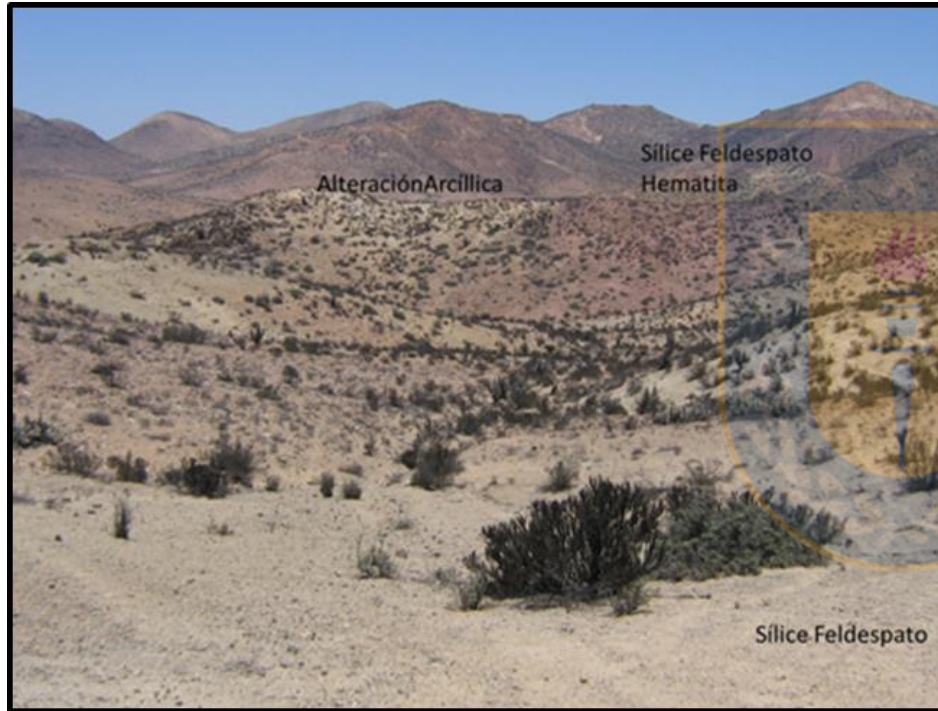


Figura 11: Plano Ubicación Actinolización

Tercer Evento: Representado por alteraciones arcílica, sericítica, cuarzo-sericítica y una silicificación que varían de intensidad de penetrativa a fuerte. Se coligan a un posible evento intrusivo que generó fluidos hidrotermales de características ácidas que penetraron a través de estructuras generando una cubierta lixiviada (Fotografía 4).



Fotografía 4: Paraje Arcillizado, rodeada de alteración sílice-feldespato-hematita. Vista al Noroeste.

La silicificación es reconocida principalmente en el sector central del área de estudio.

Afecta a unidades de probable protolito tobáceo/andesítico.

Abarca el 50% del área total.

Su emplazamiento general es en las partes altas, aunque se ha podido identificar extensos afloramientos de disposición noreste en sectores bajos.

La arcillización se caracteriza por la destrucción total de la textura original con caolín y sílice minoritaria. Presenta superficialmente diversos minerales de hierro que corresponden al producto de una lixiviación de sulfuros de hierro y cobre originales y su transformación en limonitas. Por este motivo las rocas presentan colores blancos, amarillos, ocre, marrones y rojizos, los que posteriormente han sido cementados por fluidos hidrotermales (Figura 12).

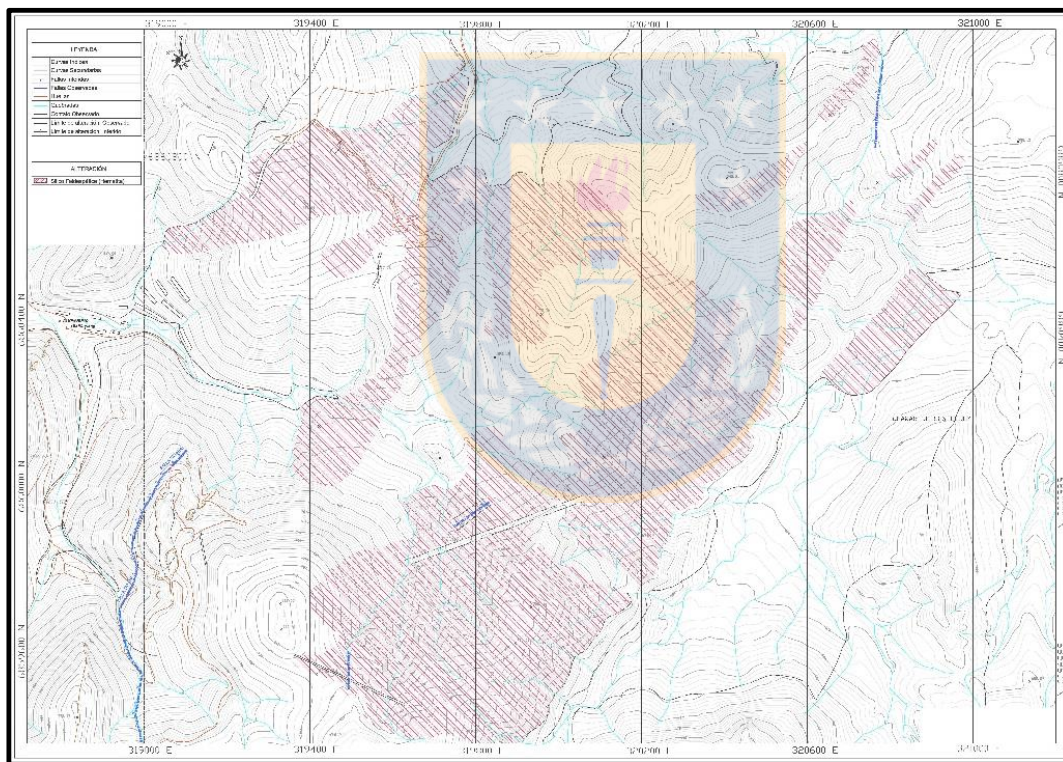


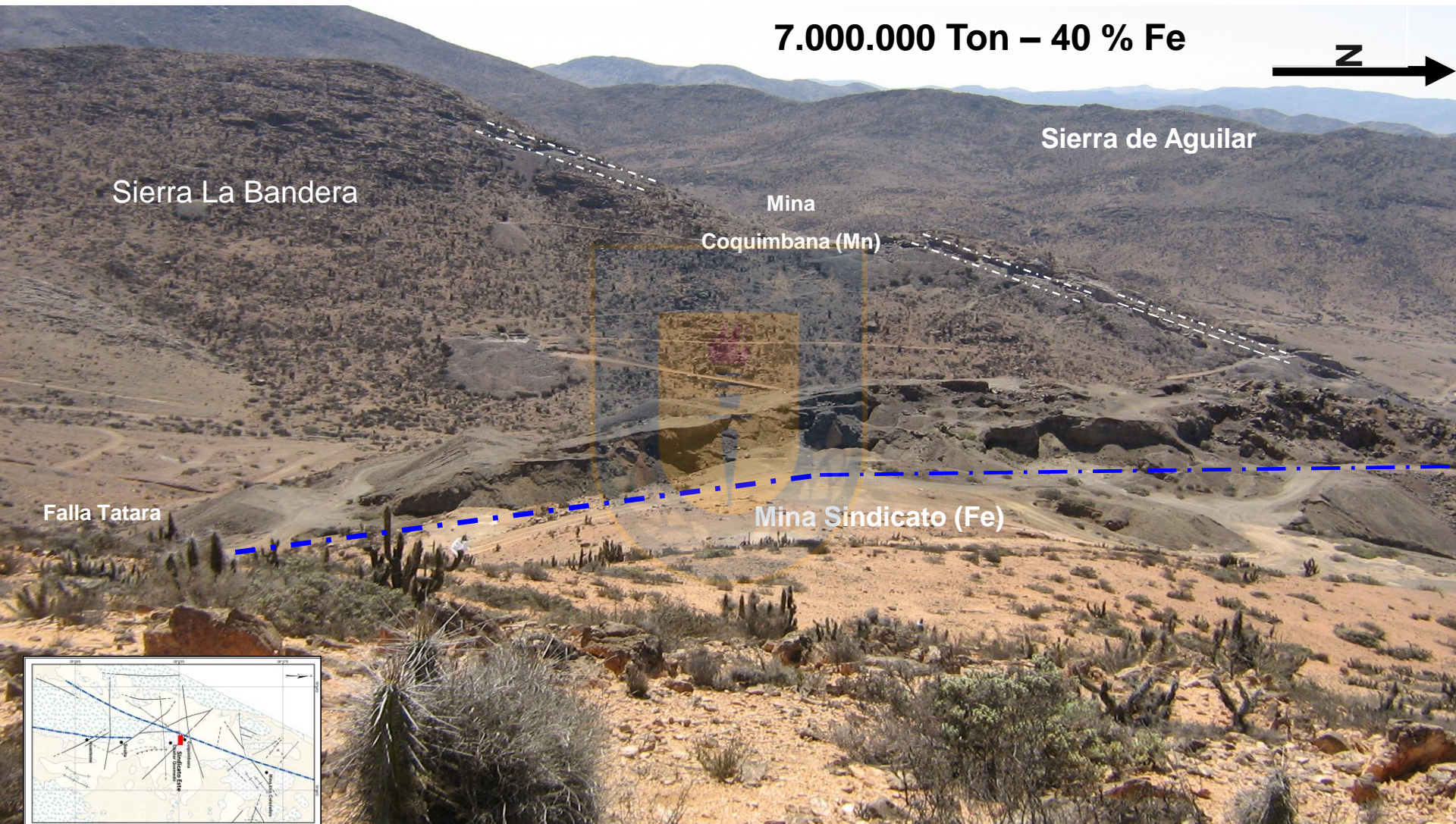
Figura 12: Plano Distribución Alteración Hematítica

GEOLOGÍA ECONÓMICA

PROSPECTO MINA HIERRO SINDICATO

RECURSOS PROBADOS

7.000.000 Ton – 40 % Fe



Fotografía 5: Vista hacia el Oeste Mina Sindicato – Mina Coquimbana

Mina Sindicato

Se ubica en el sector centro sur del área de estudio a 500 m al SSE de la Mina de manganeso Coquimbana.

La mineralización corresponde a magnetita martitizada con actinolita y textura pseudobrechosa. La roca caja corresponde a metandesitas alteradas a actinolita, clorita y limonita, las cuales se ponen en contacto hacia el este con la alteración Si-Fd, alterados a caolín y limonita.

El yacimiento de hierro corresponden a tres cuerpos vetiformes de rumbo NS y manteos variables, entre 60° y 70° E con una corrida de 300 m.

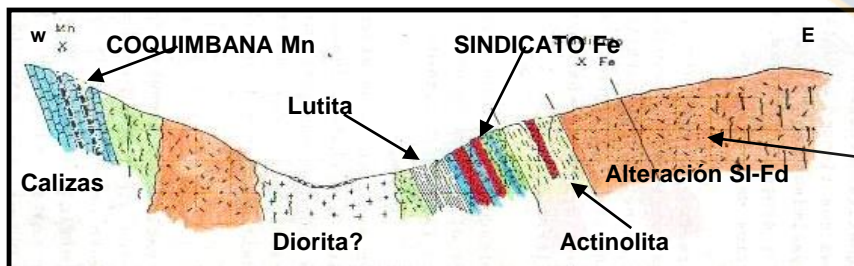
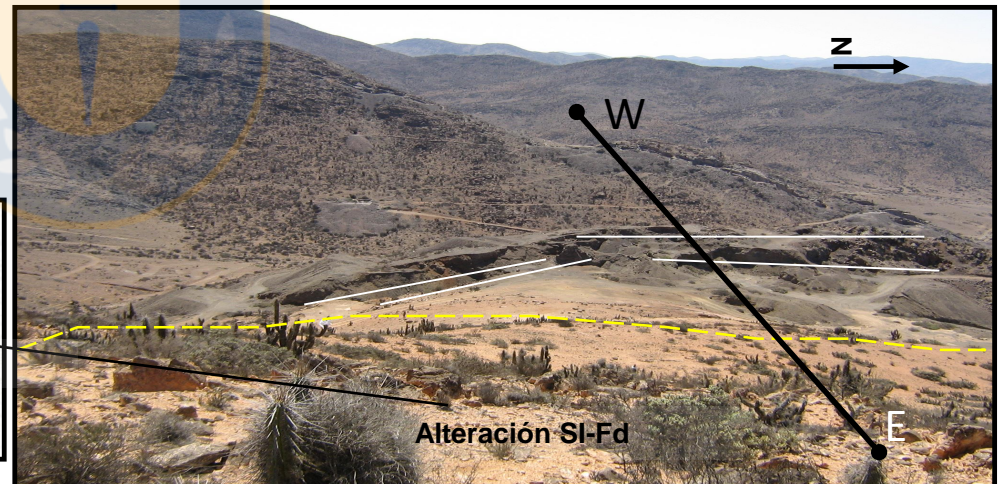


Figura 13: Perfil E-E Minas Coquimbana – Sindicato. Modificado de Pincheira, 1981.



Fotografía 5: Vista Mina Sindicato

6. Discusión

- En contraposición de diferentes distritos de IOCG, en Sindicato Este no se evidencio una alteración sódica intensa, más bien, corresponde a un evento incipiente de patrón sódico o de escala sódica a nivel distrital o regional que se manifiesta como proporciones variables de albita secundaria, escapolita, \pm epidota, actinolita, anfíbol cálcico y/o diópsido.
- Los diversos tipos de roca, alteración y mineral son similares entre los depósitos de hierro del Distrito Pleito (ubicado a 100 km al norte de La Serena) así como las asociaciones minerales y su asociación espacio tiempo.
- El primer evento de alteración está dado por alteraciones asociadas a la mineralización primaria del hierro (IOA), las cuales corresponden a una asociación actinolita-albitización?, definida como alteración actinolítica, y a una asociación clorita-epidota-actinolita-sílice, definida como una alteración propilítica.

- El segundo evento está representado por la alteración hidrotermal sílico-feldespática (feldespato-arcilla-sericita?-hematita).
- Su probable génesis se asocia a un intrusivo de composición ácida-intermedia (granodiorita) que se manifiesta en superficie como zonas cupulares sílico-feldespáticas altas de cuerpos intrusivos no aflorantes.
- Esta alteración, fue definida por el Henríquez (2000) como el segundo evento de alteración que afecta a todas las rocas del Distrito Pleito, relacionándola a la formación de brechas hidrotermales y al Evento Ferrífero Principal.
- También lo reconoce como un evento posterior a la mineralización principal de hierro y a la alteración asociada (actinolitización) y, además, lo identifica continuo en el tiempo.

- El tercer evento está representado por alteraciones arcílica, sericítica, cuarzo-sericítica y una silicificación que varían de intensidad de penetrativa a fuerte. Se coligan a un posible evento intrusivo que generó fluidos hidrotermales de características ácidas que penetraron a través de estructuras generando una cubierta lixiviada.
- Es importante señalar, una probable génesis en común para el segundo y tercer evento de alteración, sobre la base de una mineralogía de alteración muy similar, además de una relación espacial muy estrecha.
- También podría corresponder a un evento de alteración posterior al emplazamiento del intrusivo granodiorítico.

7. Conclusiones

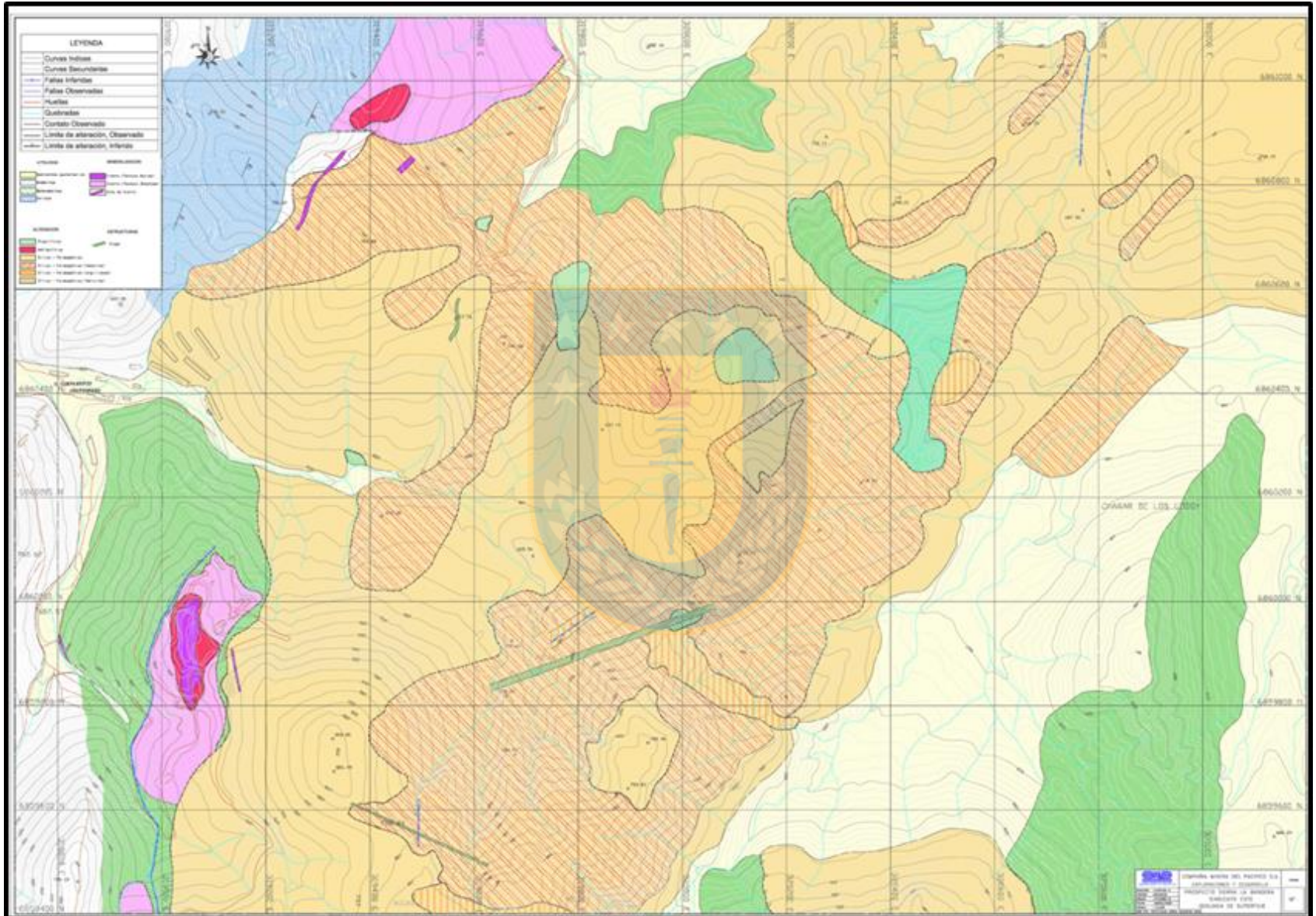
- Las rocas presentes en la zona de estudio, asignadas a la Formación Punta del Cobre (Segerstrom y Ruiz, 1962), presentan diversos grados de alteración, entre estas, anfibolitización, propilitización, sílico-feldespática, etc.
- En la Mina de Hierro Sindicato, se reconoce principalmente magnetita y martita. Dicho depósito está inserto en el Sistema de Falla de Atacama, y a su vez en la Franja Ferrífera Cretácica.
- La alteración propilítica presenta un mayor desarrollo areal con respecto a la alteración anfibolítica y a una estrecha asociación espacial con la unidad de alteración sílico-feldespática. Afecta principalmente a volcanitas asociadas al evento ferrífero, es decir, corresponde a un evento, probablemente, posterior al emplazamiento de la mena de hierro y en donde la actinolita es reemplazada por epidota y/o clorita, subsiguientemente, dichas unidades son afectadas por una sobreimposición sílico-feldespática generando una variación composicional en la roca.

- Es posible deducir que el metalotecto del distrito corresponde a estructuras de tendencias nor-este y norte-sur. La primera corresponde a la Falla Tatara que controla la mineralización de manganeso, cobre, hierro (magnético-especular), así como también, la falla Sosita-Huante mé (norte-sur) controla la mineralización de hierro principal.
- En la zona, no se reconoce evidencia tangible que pueda demostrar la existencia de alguna relación con los yacimientos tipo IOCG.
- Se recomienda reestudiar los trabajos geoquímicos y geofísicos de la zona, además de realizar trabajos de mapeo sectoriales en el distrito, complementarios al actual trabajo.
- También es recomendable correlacionar con la Mina Chañar Quemado, ubicada más al sur.

8. Referencias

- Fribla M. & Carrasco M. 1998. Geología de los Prospectos Pleito Norte y Pleito Sur, Vallenar, III Región (Inédito). Compañía Minera del Pacífico. 55 pg. Vallenar.
- Henríquez, F. 2000. Informe Geológico Proyecto San Jorge (Inédito). Compañía Minera Del Pacífico. 150 pp. La Serena.
- Pincheira, M. 1981. Geología de la Mitad Oriental del Cuadrángulo Astillas. Nuevos Antecedentes de la Franja Ferrífera principal entre los 28° 15' y 28° 30' Latitud Sur Chile. Memoria de Título de Geólogo (Inédito). Universidad de Chile. Departamento de Geología y Geofísica. 263 pp. Santiago.
- Ruiz, C. 1965. Discusión sobre el Origen de los Yacimientos de Hierro (Inédito). Compañía Minera del Pacífico. 62 pp. La Serena.
- Segestron, K. & Ruiz, C. 1962. Geología del Cuadrángulo de Copiapó. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, Vol. III N°1. 1 Mapa. Santiago.
- Travisany, V. 1994. Informe sobre el Área de Alteración de Chañar Quemado (Inédito). Compañía Minera del Pacífico. 38 pp. Vallenar.
- Vivallo, W.; Henríquez, F. & Espinoza, S. 1995. Los Depósitos de Hierro del Tipo Magnetita-Apatita: Geoquímica de las Rocas Volcánicas Asociadas y Potencialidad de la Mena de Hierro como Fuente de Mineralización de Oro. Sernageomin, Vol. 22, N° 2. Santiago.

Notas



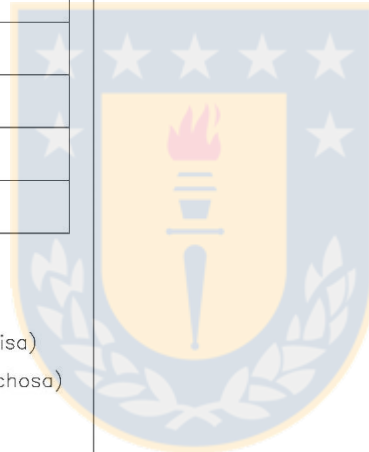
Plano Geológico Sindicato Este

Notas

LEYENDA	
	Curvas Indices
	Curvas Secundarias
	Fallas Inferidas
	Fallas Observadas
	Huellas
	Quebradas
	Contato Observado
	Límite de alteración, Observado
	Límite de alteración, Inferido

LITOLOGIA	MINERALIZACION
Sedimentos cuaternarios	Hierro (Textura Macisa)
Andesitas	Hierro (Textura Brechosa)
Metandesitas	Veta de Hierro
Brechas Calcareas	

ALTERACION	ESTRUCTURAS
Propilítica	Dique
Anfibolítica	
Sílico – Feldespático	
Sílico – Feldespático (Hematita)	
Sílico – Feldespático (argillizada)	
Sílico – Feldespático (Sericita)	



Leyenda Plano Geológico Sindicato Este